风电场风力发电机基础的土建施工

张永飞
（国华（赤城）风电有限公司，河北 张家口 076550）

摘　要　风电场风力发电机基础的土建施工是风电场建设工程项目的重要一环，风电建设工程因其特有的地理环境约束和技术要求，使得风电场风力发电机基础的土建施工过程中存在许多难题与挑战。本文以提高风电场风力发电机基础的土建施工质量为目的，针对风电场风力发电机基础的土建施工中存在的现实问题进行了较深入地剖析，并提出了相应的解决思路与措施，为现阶段风电场风力发电机基础的土建施工实践提供了一定的借鉴。

关键词　风电场建设　风力发电机基础建设　混凝土浇筑
中图分类号：TM61　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1007-0745(2022)01-0050-03

1 我国风电技术发展概述

近年来，我国经济社会的各个领域都实现了跨越式发展。其中，新能源产业更成为我国在国际社会上打造出的一张“金名片”，引领了全球绿色发展浪潮。人类的进步和发展，离不开工业化的改革进程推动，在进行工业化发展的路上，人们离不开对能源的依赖和开采。从煤炭到石油，人们对其的开采和利用极大地加快了社会的工业化进程，推动了社会的进步，改善了社会的生活生产方式。

我国一直对新能源的开发问题比较关注和重视，进行了大量的人力科研投入，也推出了许多推动新能源发展的利好政策。我国的风力发电事业也是在受到诸多的政策推动下实现稳定快速发展的，并且在风电新能源发展上取得了明显的效果，为我国的能源应用和生态环境问题改善提供了支持和保障，创造了良好的发展前景，短短几年便取得了巨大进步。[1]

近 30 年来，经过几代风能人艰苦卓绝的奋斗，我国风电产业走出了一条创新驱动的高质量发展之路，不仅装机规模稳居各国之首，技术水平也大幅提升，成本随之快速下降。近年来，我国风电行业积极将智能化技术应用于风电行业中，推进工业化与信息化的融合，积极进行全行业创新。风电走向国产化，在风电行业不断发展的前提条件下，我国风电行业的供应链已完整，当下应把握“工业 5.0”、“中国制造 2025”的机会，对系统集成、风电设备制造等方面积极进行研究。

因此，就必须对作为风电技术发展的基础性工程，即风电场风力发电机基础的土建施工进行深入了解分析，从而为实现风电技术的持续发展提供坚实保障。

2 风电场风力发电机基础土建施工的施工质量关键技术要点

2.1 土石方施工

首先，必须保证参与土石方施工的一线工作人员的人身安全，让其与施工设备始终保持足够的安全距离。其次，在土石方施工的过程中，必须参照自上而下的顺序进行开挖，同时开挖工作也必须与渣土的装运作业面彼此避开。值得注意的是，在现场施工的过程中，必须积极采取有效的截水和排水手段，以保证现场施工的顺利进行。再者，在现场土石方施工的机械作业过程中也必须辅助以清底、平地、修坡等工作，尽量降低现场施工难度。还有就是在浇筑土石方的深基础混凝土前以及在土石方施工的施工过程中，必须派专门人员负责勘察基坑和边坡的土质情况，以确保土质能够承受现场施工强度，避免崩裂倾塌的危险。如果需要对混凝土缺陷进行化学材料处理时，那么现场施工人员必须事先准备好安全防护设备，保证人员生命安全。此外，在需要使用爆破技术的施工开挖区域，应该事先投放小剂量火药进行试点爆破，如此一来，基面岩石就会保持一个相对稳定的状态，避免塌方等地质灾害的发生。与此同时，在施工基面进行验收工作之前，必须组织人员全面清除基面上的松动或者存在风险的岩块，最后再进行验收工作。石方为风机承台以及吊装平台的开挖基础，施工时要选用液压震动破碎玻璃锤实施土方开挖，辅助引入爆破开挖施工的

模式，并投入人工进行基底的清理操作。在进行土石方回填施工中，应当在最底部区域先落实土石方的填筑施工，随后应用自下而上的方式组织回填土的分层铺填、分层压实施工处理；在针对面积相对狭窄的填筑面进行回填与压实施工中，可以引入人工夯实处理的方式；施工中，杜绝出现漏压虚土层、平松土等不良现象，保证整个土石方施工质量达标。

2.2 基础钢筋与基础环施工

基础钢筋采用抗震筋，型号为 HRB400E，III 级钢。施工前，应将钢材表面的锈及防锈漆除去。基础钢筋直径≥22mm（环形钢筋、架立钢筋除外）均采用机械连接，其余钢筋搭接可采用绑扎方式，采用镀锌铁丝绑扎。同一根钢筋长度小于原料长度时，不宜设置接头，钢筋长度大于原料长度时，尽量减少接头。

检查预埋件位置，确保其上表面维持在相同水平面；牢固焊接支撑结构，着重控制预埋钢板与立架立柱之间的焊接具有极高的牢固程度；安装基础底板钢筋之前，提前实施基础环支架的安装施工，并在底层钢筋绑扎完工后，调整螺栓，促使其与基础环连接。

2.3 模板施工

在施工过程中，可以选用定型钢模板作为风机基础模板，结合项目前期设置的尺寸要求展开模板结构加工，其数量可根据施工进度与实际工程量综合确定。使用螺栓固定模板，并在外侧加设钢丝绳实施加固处理，同时配合木方支撑，以此达到降低跑模与胀模问题发生概率的效果。将预制混凝土垫块填入模板与钢筋之间的缝隙内，以此构建起保护层。此时，所选用的预制混凝土垫块强度必须要保持在与相应位置混凝土强度相同或以上水平。提前在预制块内进行扎丝的预埋，为后续固定操作的落实提供便利条件，降低施工过程中发生脱落问题的概率。完成混凝土的浇筑后检查其强度，在强度达标的条件下拆除模板，实现对模板的循环使用[2]。在完成模板拆除的条件后，对附着于模板上的混凝土、灰浆等实施全面清除处理，不得使用铁锤敲击模板，保证模板可以投入后续应用；补刷脱落防锈漆、脱模剂；清理、检查模板配件，剔除无法继续使用的构件，修复其他构件等待后续循环应用。[3]

2.4 混凝土施工

选用高质量原材料，并在实际应用前展开质检，当判断所有原材料的质量达标后再进行混凝土配置；组织混凝土配合比试验，并在相应结果合格且通过审批后大规模拌和混凝土；严格依照通过审批的配比拌和混凝土，确保引入的拌和系统可以满足混凝土持续供应需求；结合土建施工位置与拌合站之间的距离、交通道路现实情况、混凝土浇筑强度等对搅拌车的数量实施合理安排；组织混凝土装车时，要纳入对施工道路纵坡比的考量，避免在运输混凝土的过程中发生溢出问题。

在进行风电站土建基础的混凝土浇筑施工过程中，应当参考钢筋分布情况选用合适的振捣器；严格依照施工要求组织振捣，并保证风电站土建基础的混凝土浇筑施工过程不间断；在观察到混凝土浇筑高度达到设计水平后，对表面进行抹光压实处理，特别是针对基础环的内部排水管区域，要求对流水坡实施高质量的抹光压实处理。如果需要在梅雨条件下组织混凝土施工操作，则应当提前查看三天内的天气预报，避免在降雨过程中实施混凝土浇筑与振捣；要提前配设充足的防雨用具，落实高效防雨措施，及时覆盖已经完成混凝土浇筑与振捣施工的位置。

钢筋绑扎和模板施工完毕、验收并且隐蔽检查合格后方可浇筑混凝土。混凝土浇筑采用独特的连续浇筑工艺，本项目使用的混凝土以现场搅拌站的形式生产。基础施工采用流水作业的方式进行，混凝土必须用罐、气泵和降落伞浇筑，以便水平运输。混凝土必须连续浇筑，混凝土必须从中间到外圈浇筑。除了一般混凝土技术的设计要求外，风电机组的基本重点还必须考虑低温和大风条件下的温度，变形裂缝的发生和发展的控制措施。为有效控制混凝土内外温差，重点介绍以下具体措施：混凝土浇筑期间，应采取措施确保坚固混凝土基础的完整性。在施工过程中，浇筑和摆动应分层进行。同时，上下混凝土必须在第一次凝固前充分结合，以免形成工程缝隙。根据现场的实际位置，可添加相应数量的级配石料，以确保混凝土的质量，并保证混凝土的表面摩擦压力不小于两倍，以防止表面出现裂缝。

施工过程中的干燥措施必须保证混凝土表面有一定的温度和湿度，混凝土内外温差必须调节在适当的范围内。表面泌水主要是通过及时浇筑后的盖板类型来消除，并及时使表面湿度达到平衡。混凝土最终凝固后，基底区域必须覆盖一层塑料箔绝缘和一层棉被绝缘或土壤绝缘。拆除混凝土环不仅要满足混凝土强

度要求，还要考虑温度裂缝的影响。拆除工作应作为一个整体进行，尤其是立面保温。严禁一边拆一边留，以防冷却不均匀，切换后应尽快进行拆除，以保证混凝土表面不失水。

2.5 混凝土材料质量控制

对于使用水泥的固体混凝土、低含量硅酸三钙和铝酸三钙的中热和低热水泥或大型混合物的施工，必须选择合适的混凝土材料，以防止混凝土因水泥水化热释放而膨胀和开裂。仅从水化热角度选择水泥的优先顺序为矿渣水泥、粉煤灰水泥、火山灰水泥、复合水泥、普通水泥等，但需根据项目实际情况进行彻底检查。水泥的水化热和放热率也与水泥细度和混合料含量有关。水泥细度对混凝土的水化速度、水化放热、强度增长率、耐久性等要素也有重要影响。水泥出厂前应对氧化镁、三氧化硫、碱、不溶物、烧失量、比表面积、细度、调整时间、稳定性、强度等进行检测，确保产品质量。水泥到达现场时，其品种、包装或储存编号、交货日期等要进行详细审查，针对强度、稳定性和其他必要的性能指标进行重点检测，确保其质量必须符合现行国家标准的规定。

理想的骨料要求具有高强度、高耐磨性、低吸水量、良好的耐久性、良好的颗粒级配以及与水泥浆体的良好粘结活性。粗骨料和细骨料的级配、污泥含量和污泥块含量对实心混凝土的开裂强度有重要影响，必须遵守标准的配置比例，这是绝对必要的。普通混凝土质量及检验方法标准中规定混凝土的粗骨料必须具有连续的粒径，并且可以在去除单个粒径的情况下制备混凝土。粗骨料的级配和形状不良将不可避免地导致胶结材料和混凝土用水量的增加，这不仅会增加混凝土的收缩，还会降低混凝土的密度和耐久性。过多的污泥含量和总污泥块含量会对混凝土的强度、干缩、蠕变性、密度、耐磨性和工作性产生不利影响，特别是会增加混凝土的收缩，降低抗拉强度和抗裂性。此外，标准要求混凝土材料要加强碱性检验力度，尤其是湿度环境下的混凝土中的沙石等材料要重点检测。[4]

在进行风电场风力发电机土建基础的混凝土浇筑施工过程中，要根据钢筋分布情况选用合适的振捣器；严格依照施工组织要求进行振捣，并保证风电场风力发电机土建基础的混凝土浇筑施工过程不被中断；在观察到混凝土浇筑高度达到设计要求后，及时对表面进行抹光压实处理，特别是针对基础环的内部排水管区域，要求对流水坡实施高质量的抹光压实处理。如果需要在梅雨条件下组织混凝土施工操作，则应当提前查看后续三天的天气情况，避免在降雨过程中实施混凝土浇筑与振捣；要提前配设充足的防雨用具，落实好防雨措施，及时覆盖已经完成浇筑与振捣的施工位置。

另外，针对风机基础位置的混凝土，由于其属于大体积混凝土结构，所以必须要及时引入高质量的保温措施，以此达到降低裂缝缺陷产生的概率；对混凝土浇筑强度实施合理安排，合理控制每层浇筑混凝土的厚度，且振捣密实；在混凝土转入初凝状态前，要完成二次抹面施工；养护混凝土结构时，若是温度不超过 0℃，就不需要进行洒水养护。

3 结语

综上所述，风电场风机的土建施工面临施工环境复杂、条件恶劣等问题，因此需要着重落实先进、科学的施工技术，以此保证风电场风机的基础土建项目施工达到预设标准。[5] 实践中，在明确施工质量与安全目标的前提下，依托土石方施工、基础环施工、模板施工、混凝土施工等风电场风机的基础土建施工的关键技术要点的切实落实，实现了风电场风机的基础土建施工质量与安全水平提升，推动了项目施工的升级。

参考文献：

[1] 夏徐龙 . 关于建设工程混凝土质量控制的监理工作探讨 [J]. 房地产导刊 ,2013(22):99-100.
[2] 宋建虎 , 张建军 . 风力发电机基础施工工艺与质量控制 [J]. 科学之友 ,2011(21):68-69.
[3] 汪东方 . 风力发电工程建设项目施工管理的现场管理分析 [J]. 建筑工程技术与设计 ,2014(04):156-157.
[4] 刘万琨 , 张志英 , 李银凤 , 等 . 风能与风力发电技术 [M]. 北京 : 化学工业出版社 ,2013:175-178.
[5] 郭大蕾 , 王飞跃 , 易建强 , 等 . 风电资源开发利用进展 [J]. 太阳能 ,2012(05):7-12.